

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of)
)
NAKAMURA)
)
Application Number: To be Assigned)
)
Filed: Concurrently Herewith)
)
For: MAGNETIC RECORDING AND MAGNETIC)
RECORDING SYSTEM)
)
ATTORNEY DOCKET NO. HIRA.0127)

Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

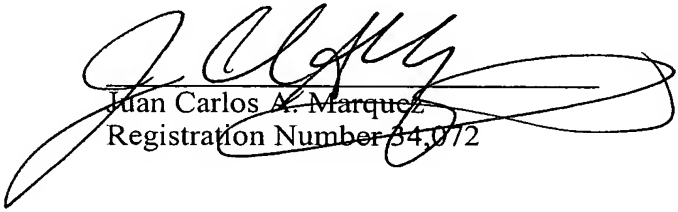
In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of June 23, 2003, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2003-178667.

A certified copy of Japanese patent application 2003-178667 is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
October 28, 2003



Juan Carlos A. Marquez
Registration Number 34,072

(Translation)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of
the following application as filed with this Office.

Date of Application: June 23, 2003

Application Number: Japanese Patent Application
No. 2003-178667

Applicant(s): HITACHI, LTD.

October 3, 2003

Commissioner,
Patent Office

Yasuo IMAI (seal)

Certificate No. 2003-3081940

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 6月23日

出願番号
Application Number: 特願2003-178667
[ST. 10/C]: [JP2003-178667]

出願人
Applicant(s): 株式会社日立製作所

2003年10月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫

出証番号 出証特2003-3081940

【書類名】 特許願

【整理番号】 H300279

【提出日】 平成15年 6月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/09

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 中村 公夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100091096

【弁理士】

【氏名又は名称】 平木 祐輔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015244

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録装置及び磁気記録方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主磁極と補助磁極を有する単磁極ヘッドを搭載した磁気ヘッドと、磁気記録層を有し前記単磁極ヘッドによって磁気的なパターンが記録される磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体を駆動する駆動部と、前記単磁極ヘッドに記録電流を供給する記録ドライバとを含む磁気記録装置において、

前記記録ドライバから前記単磁極ヘッドに供給される記録電流の電流波形は、前記磁気記録媒体に記録可能な電流振幅以上の第 1 のパルス及び前記第 1 のパルスと逆極性で前記磁気記録媒体に記録可能な電流振幅以上の第 2 のパルスとを有し、前記第 1 のパルスと第 2 のパルスの間における電流値が前記記録可能な電流振幅より小さいことを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の磁気記録装置において、前記第 1 のパルスと第 2 のパルスの間における電流値は、0 mA を通過し、かつ 0 mA に漸近することを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の磁気記録装置において、前記第 1 のパルスと第 2 のパルスの間における電流値は、前記第 1 のパルスのピーク電流値と第 2 のパルスのピーク電流値との中間値を通過し、かつ前記中間値に漸近することを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載の磁気記録装置において、前記第 1 のパルス及び第 2 のパルスが前記磁気記録媒体に記録可能な電流振幅を上回る時間を W、記録するパターンの時間長を T、前記磁気記録媒体のトラック方向に対する前記磁気ヘッドの相対移動速度を V、ライトバブルサイズを WB とするとき、以下の関係を満たすことを特徴とする磁気記録装置。

$$T > W > T - WB / V$$

【請求項 5】 磁気記録媒体に、主磁極と補助磁極を有する単磁極ヘッドを用いて磁気的な記録パターンを形成することによって情報を記録する磁気記録方法において、

前記単磁極ヘッドに前記磁気記録媒体に記録可能な電流振幅以上の第 1 のパル

ス電流を供給するステップと、

前記単磁極ヘッドに前記第 1 のパルスと逆極性で前記磁気記録媒体に記録可能な電流振幅以上の第 2 の電流パルスを供給するステップとを有し、

前記第 1 のパルスと第 2 のパルスの間における電流値が前記記録可能な電流振幅より小さいことを特徴とする磁気記録方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の磁気記録方法において、前記第 1 のパルスと第 2 のパルスの間における電流値は、0 mA を通過し、かつ 0 mA に漸近することを特徴とする磁気記録方法。

【請求項 7】 請求項 5 記載の磁気記録方法において、前記第 1 のパルスと第 2 のパルスの間における電流値は、前記第 1 のパルスのピーク電流値と第 2 のパルスのピーク電流値との中間値を通過し、かつ前記中間値に漸近することを特徴とする磁気記録方法。

【請求項 8】 請求項 5 記載の磁気記録装置において、前記第 1 のパルス及び第 2 のパルスが前記磁気記録媒体に記録可能な電流振幅を上回る時間を W、記録するパタンの時間長を T、前記磁気記録媒体のトラック方向に対する前記磁気ヘッドの相対移動速度を V、ライトバブルサイズを WB とするとき、以下の関係を満たすことを特徴とする磁気記録方法。

$$T > W > T - WB / v$$

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録装置及び磁気記録方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

磁気ディスク装置に代表される磁気記録装置では、磁気記録媒体に記録信号に対応した磁気的なパターンを形成することで記録を行う。この記録パターンは、記録ヘッドから記録磁界を印加することにより形成される。図 10 に示すように、記録ヘッド 28 にはコイル 30 が巻かれた高透磁率の記録磁極 29 が組み込まれ、コイル 30 には記録ドライバ回路から記録電流が給電される。コイル 30 を流れる電流によ

り記録磁極29が励磁されて記録磁界が生成され、記録パターン31が磁気ディスク32に形成される。記録ヘッド28からの記録磁界の強度や磁界分布の形状は、記録媒体の磁気特性とともに、再生信号強度や、信号対雑音比、オーバーライト性能などの、記録性能に関する多くの特性を決める重要な要因である。この記録磁界は、記録ヘッドの磁極材質や構造のほか、記録電流の強度や波形に依存する。すなわち、高密度記録に向けた最適な記録を実現するためには、磁気記録媒体の磁気特性や記録ヘッド構造の最適化のみならず、記録電流の振幅や波形を最適化する必要がある。

【0 0 0 3】

従来、記録電流に求められた要件の1つ目は、発生させる記録磁界強度が、記録媒体に磁化パターンを形成できる磁界を上回るように、記録電流振幅を確保することであった。2つ目は、記録磁界の反転時間を短縮するため、電流の立ち上がり部分にオーバーシュートを設けることであった。電流波形のオーバーシュートにより、磁界反転時にヘッドの磁極がより強く励磁されるため、磁界反転が高速化する。記録磁界の反転時間短縮は記録パタンのシャープな境界を形成するのに有効であり、高密度での記録や高周波での記録に適している。これに従い、従来の電流波形は、たとえば米国特許第6,301,068号に記載されているように、ある一定振幅を確保した電流波形に、立ち上がり部のオーバーシュートを組み合わせた形状をもち、立ち上がりのオーバーシュートの振幅及びそれに続く一定電流の振幅値を調整することで記録の最適化を行っていた。

【0 0 0 4】

図11は従来の記録電流ドライバ回路の概略を説明する図、図12は記録電流波形の説明図である。図11に示すように、記録電流波形を生成するドライバ回路は、磁化パタンの形成を確保する一定振幅の記録電流 I_{wB} を供給する一定電流生成回路3と、オーバーシュート電流波形 I_{wA} を生成するオーバーシュート生成回路2とを有し、記録信号生成回路1によって生成された記録信号 V_o に応じたタイミングで両者の電流波形が加算された後、記録ヘッド4へ給電される。ひとつの記録パターンを形成するための記録電流波形 I_{wC} は、図12に示すように、先頭にオーバーシュートを有し、その後一定レベルの電流振幅が継続した形状となり、

次に続くパタンの記録タイミングに応じて、極性が反転した波形が続く。

【 0 0 0 5 】

また、特開平7-65303号公報には、リングヘッドを用いた磁気記録方式において、記録再生の高S/N化を目的に、記録電流の極性反転の前に電流振幅を減少させた時間を設けた電流波形が記載されている。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

米国特許第6,301,068号

【特許文献 2】

特開平7-65303号公報

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

現在、磁気記録には、記録密度の向上及び記録周波数の向上が求められている。記録パタンの間隔を縮小すると、パタンの境界部を形成する磁化遷移領域が重なって再生信号振幅が減少するので、記録密度の向上には記録パタンの境界をシャープに形成することが必要である。一方、高速記録に関しては、磁界反転速度を向上することが必要である。これらの要求への取り組みは、記録媒体の磁気特性やヘッド構造の最適化、ヘッドと磁気記録媒体との距離の短縮により進められているが、電流波形の最適化によっても行える。

【 0 0 0 8 】

電流波形のオーバーシュート振幅を引き上げていくことで、ヘッド磁界の反転時間を短縮し、磁気記録媒体上の記録パタンのシャープな境界の形成や、高周波記録動作に寄与するが、一方で、大きな電流振幅がヘッドの磁極を過剰に励磁する危険性が高まる。すなわち、オーバーシュート振幅の増大が、高速な磁界反転を促す一方で、磁界反転後の過剰な励磁を引き起こし、磁界勾配を緩慢にする。磁界勾配が緩慢になると、記録されるパタンの境界部が広がるため、記録間隔を縮小して記録を行った場合、記録パタンの境界部が重なり、再生時の信号振幅が減少し、高密度記録には不適となる。このように、従来の電流波形では、オーバーシュートの振幅の増減が、記録パタンのシャープな境界の形成に対してトレ

ドオフの関係を持つため、問題である。

【0009】

さらに、電流振幅の増加は、ヘッドに供給される電力を増大させることになるので、ヘッドに発熱が生じ、記録ヘッドの熱機械変形を引き起こす可能性が高まる。これにより、記録ヘッドと記録媒体の距離が変化して、正常な記録動作が行われなくなる危険性がある。また、必要電力の増加は、記録電流を供給する記録ドライバにも負荷となり、記録ドライバの高周波動作を妨げる危険性がある。

【0010】

特開平7-65303号公報の方法は、振幅を減少させた電流の継続時間を、リングヘッドの磁極ギャップの長さをヘッドが通過する時間を基準として決めているため、ギャップを持たない単磁極ヘッドを用いた垂直記録方式への適用はできない。

【0011】

本発明では、このような背景のもとに、高密度、高周波記録に有効な電流波形で記録を行う磁気記録装置及び磁気記録方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

図1は、本発明の磁気記録で用いる記録電流波形の説明図である。本発明の磁気記録装置は、記録ヘッドのコイルに流れる記録電流9が磁気記録媒体に記録可能な電流振幅 I_c を上回る通電時間 W が、記録パタンの時間長 T よりも短い電流波形を用いる。このパルス状の電流波形が立ち下がり、次に続く極性が反転した電流パルスが立ち上がるまでの電流振幅レベルは、0mAあるいは磁気記録媒体に記録可能な電流振幅以下とする。図1に示す記録パタンの時間長 T は一つの記録パターンを形成するのにかかる時間に相当し、電流極性切り替えの時間間隔のことである。従来の記録電流波形（図12、 I_{wC} 参照）は記録パタンの時間長の通電を行うが、本発明における電流波形では通電時間を従来に比べ短縮して、ヘッドへの供給電力を低減する。この通電時間を限定された電流波形は、記録パターン信号の切り替えタイミングに合わせて、生成され、交互に極性が切り替わる。

【0013】

本発明における記録電流波形の、記録可能な電流振幅を上回る通電時間 W は、ライトバブルサイズ WB をパラメータとして規定することが可能である。図2は、ライトバブルサイズ WB と記録パターン長の関係を説明する図である。図2に示すように、ライトバブルサイズ WB は、記録ヘッドの記録磁極29から磁気ディスク32に記録磁界（ヘッド磁界）を印加したとき、記録パターンが形成可能な記録可能磁界強度を上回るヘッド磁界分布の記録トラック中心上の長さである。ライトバブルサイズ WB は、面内記録の場合は記録ヘッド磁極のギャップ長に相当し、また、主磁極と補助磁極を有する単磁極ヘッドを用いた垂直磁気記録では単磁極ヘッドの主磁極のトラック方向の長さに相当する。

【0014】

記録電流の立ち上がりに対応して立ち上がる記録磁界の、記録電流に対する遅延は0.1ns以下と小さい場合を前提としているため、ヘッド磁界の発生時間長は電流の通電時間にほぼ等しいものとみなすことができる。記録される磁化パターン長 L は、磁気記録可能な電流振幅を上回る通電時間 W の間に記録ヘッドが移動した距離（ $W \times v$ ）とライトバブルサイズ WB との和（ $W \times v + WB$ ）となる。 v は記録ヘッドの移動速度である。この磁化パターン長 L が、記録パタンの時間長 T の間に記録ヘッドが移動した距離（ $T \times v$ ）を上回れば未記録状態は現れないので、通電時間 W は、図1に示すように、記録パタンの時間長 T よりも、ライトバブルサイズ WB に応じて短縮できる。すなわち、本発明では、磁気記録可能な電流振幅を上回る電流波形の通電時間 W を次の関係式を満たすように定める。

$$T > W > T - WB / v$$

【0015】

垂直記録は、面内記録に比べてライトバブルサイズが数倍長いため、通電時間をより短縮できるので、本発明の電流波形の適用は垂直記録方式において特に有効である。

【0016】

記録パタンの長短によらず、上記通電時間 W を一定とする場合は、最長の記録パターン時間長 T_{max} が基準となり、磁気記録可能な電流振幅を上回る電流波形の通電時間 W を、次の関係式を満たすように定める。

$$T_{\max} > W > T_{\max} - W B / v$$

この場合、記録パタン時間長 T が短縮し、 $W > T$ になると、電流振幅が低減された波形部分がなくなるので、このパタン時間長までが本発明の効果を期待できる範囲となる。

【0 0 1 7】

従来の記録電流波形では、記録パタンの時間長の全時間継続して記録電流が流れるが、本発明では、記録可能な電流振幅の電流が流れるのは W の時間だけに短縮し、残りの時間、記録電流は記録可能な電流振幅以下か、流れない状態である。これにより、ひとつの記録パタンに対応する時間に記録ヘッドに供給される電力は減少する。このように、従来の電流波形と比較して、高速な磁界反転に寄与する電流振幅の強度は同じでも、記録ヘッドに供給される電力を減少できるので、ヘッドの磁極が過剰に励磁される状態を回避でき、高密度記録に有効である。この他、ヘッドへの供給電力が減少することにより、ヘッドでの発熱量が減少し、ヘッドの熱機械変形に伴う記録性能の劣化を抑制できる。さらに、記録ドライバの電流供給回路をパルス波形発生ブロックで構成し、簡略化できるので、電流供給回路の高周波化に効果がある。

【0 0 1 8】

ライトバブルサイズは、記録ヘッドの構造や磁気記録媒体の磁気特性、記録ヘッドと記録媒体の距離に依存する。記録電流ドライバに記録電流の時間長を設定できる機能を設けることにより、記録ヘッドや記録媒体、あるいは最長パタンサイズの変更に対応可能である。

【0 0 1 9】

このように、本発明によると、磁気記録媒体の磁気特性や記録ヘッドの構造を変更することなく、あるいは磁気ヘッドと磁気記録媒体間の距離を特別に縮小することなく、高密度、高周波記録を達成することができる。

【0 0 2 0】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図3は、本発明による磁気記憶装置の一例を示す概略構成図である。この磁気

記憶装置は、モータ12によって回転駆動され磁気情報を記録する磁気記録媒体13、磁気記録媒体に対して情報の記録を行う記録ヘッド及び再生を行う再生ヘッドを搭載した磁気ヘッド14、記録ヘッドに記録電流を供給する記録ドライバ15、再生ヘッドからの信号を検出・処理するプリアンプ16及び再生回路17、コントローラ18、C P U 19等を備える周知の構成のものである。磁気ヘッド14に搭載した記録ヘッドは、主磁極と補助磁極を有する単磁極ヘッドである。また、磁気記録媒体13は、非磁性基板上に軟磁性層と垂直磁気記録層を積層した垂直磁気記録媒体である。磁気ヘッド14は、C P U 19の制御下に、コントローラ18から位置決め回路20に出された指令に従って位置決め機構22により記録媒体13の所望のトラック21に位置決めされ、そのトラック上で磁気情報の記録あるいは再生を行う。

【 0 0 2 1 】

図4は、記録ドライバの回路ブロック例を示す模式図である。記録動作開始前に、コントローラ18より電流発生回路23に対して、記録電流のパルス振幅とパルス時間長及びパルス波形に続く電流振幅の漸近値の設定が行われる。記録パタンの時間長を与える記録信号に応じてスイッチ24が制御され、極性が反転し、かつ立ち上がる記録電流が、記録ヘッド14に供給される。

【 0 0 2 2 】

図3、図4に示した磁気記憶装置を用いて磁気記録を行った。図5に記録に用いた電流波形を示す。記録電流波形は、伝送路のヘッド取り付け端子とヘッドの端子の間に、トランス型電流計測プローブを挿入して測定したものであり、記録ヘッドのコイルに流れる電流波形に近い形状を有する。図示するように、記録電流波形は、第1の電流パルス33の立ち下りから、次に続く第2の電流パルス35の立ち上がりまでの間の電流振幅が、ある一定の電流値34に漸近している。図5には記録に用いた複数の電流波形を重ねて表示しており、各電流波形は、電流パルス部の振幅が等しく、このパルス波形33、35に続く電流振幅の漸近値34がそれぞれ異なる。

【 0 0 2 3 】

図6は、このような種々の電流波形を用いて記録を行った際の、再生出力と電流振幅の漸近値との関係を示したものである。電流振幅の漸近値が低いほど、再

生出力が増加しており、記録に有利である。本構成の場合、磁気記録媒体に記録パターンが形成される電流振幅は20mAであり、電流波形の1つの記録パターンを形成する第1の電流パルスの立下りから、次に続く記録パターンを形成する第2の電流パルス立ち上がりまでの間の電流振幅の漸近値を0mAあるいは、記録パターンが形成される電流振幅である20mA以下とするのが効果的であることがわかる。

【0 0 2 4】

次に、本発明による記録電流波形と従来の記録電流波形を用いて種々の記録周波数で磁気記録を行い、その再生出力を比較した。ここでは、ライトバブルサイズWBに基づき定めた電流波形を、記録再生機構に適用した。本実施例の垂直記録方式におけるライトバブルサイズWBは400nmであった。ヘッド速度 v を40m/sとした。最低の記録周波数を50MHzとし、最長パターン時間長 T を10nsとした。記録電流波形の時間長 W を $W > T - WB/v$ の条件に従って、1nsとし、記録ドライバを設定した。

【0 0 2 5】

図7に、本実施例における電流波形を示す。周波数は50MHzである。記録データ信号に対し、記録電流は0mAから立ち上がり、110mAのピークに達した後減衰する。電流波形にはアンダーシュートがあり、一旦マイナスに振れた後0mAに漸近している。本構成において、記録パターンが形成される電流振幅は20mAであり、この電流値を上回る記録電流波形の時間長26は1nsとなっている。従来の電流波形を図8に示す。電流波形はマイナス振幅から立ち上がり、オーバーシュートを経た後、40mAの振幅に保たれている。両者の電流波形により磁気記録を行い、記録特性の比較を行った。

【0 0 2 6】

図9は、記録周波数を変化させて記録を行い、再生出力を記録周波数に対してプロットしたものである。高周波での記録ほど、記録間隔が短縮し、記録パターンの境界領域が重なり、再生出力を減少させる。この減少の程度は、本発明における電流波形25を用いる方が小さく、従来の電流波形27よりも高周波における再生信号が大きく取れている。本発明における電流波形が、高密度、高周波記録に有効であることが確認できる。

【 0 0 2 7 】

【発明の効果】

本発明によれば、記録媒体の磁気特性や記録ヘッドの構造を変更し、あるいは磁気ヘッドと磁気記録媒体間の距離を特別に縮小することなく、高密度、高周波記録を達成できるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明における記録電流波形の説明図。

【図 2】

ライトバブルサイズと記録パタン長の関係を説明する図。

【図 3】

磁気記録装置の概略図。

【図 4】

記録電流ドライバ回路の模式図。

【図 5】

漸近値の電流振幅を変化させた電流波形の説明図。

【図 6】

漸近値の電流振幅と規格化再生出力の関係を示す図。

【図 7】

本発明の記録電流波形を示す図。

【図 8】

従来の記録電流波形を示す図。

【図 9】

記録再生信号出力の電流波形依存性を示す図。

【図 1 0】

記録ヘッドと磁気ディスク上の記録パタンとの関係を示した図。

【図 1 1】

従来の記録電流ドライバ回路の概略図。

【図 1 2】

従来の記録電流波形の構成を説明する図。

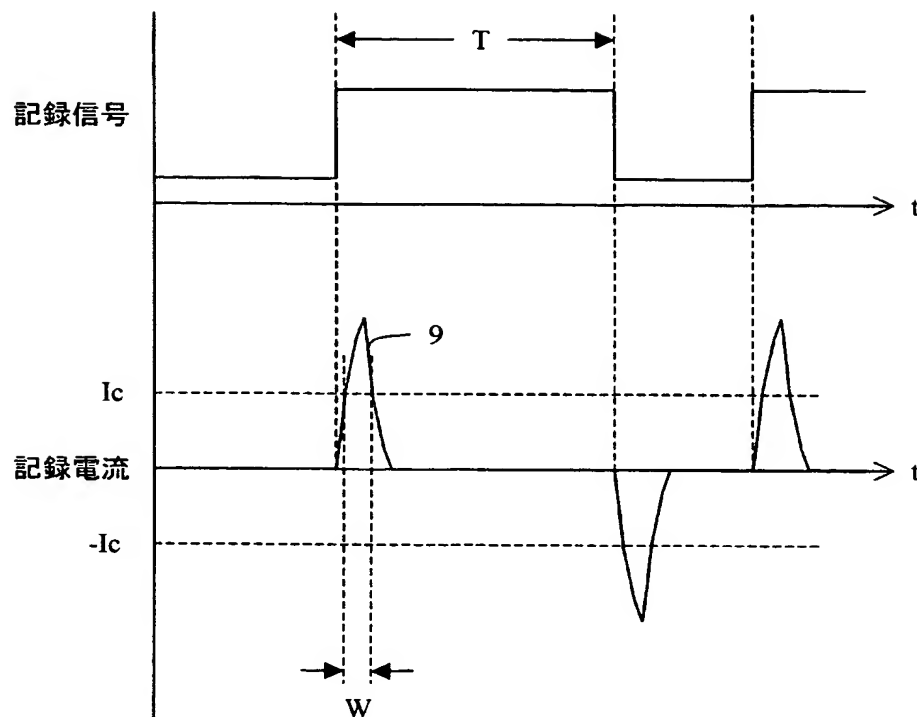
【符号の説明】

- 1 3：磁気記録媒体
- 1 4：磁気ヘッド
- 1 5：記録ドライバ
- 1 6：プリアンプ
- 1 7：再生回路
- 1 8：コントローラ
- 1 9：C P U
- 2 0：位置決め回路
- 2 1：トラック
- 2 2：位置決め機構
- 2 3：電流発生回路
- 2 4：スイッチ
- 2 9：記録磁極
- 3 2：磁気ディスク

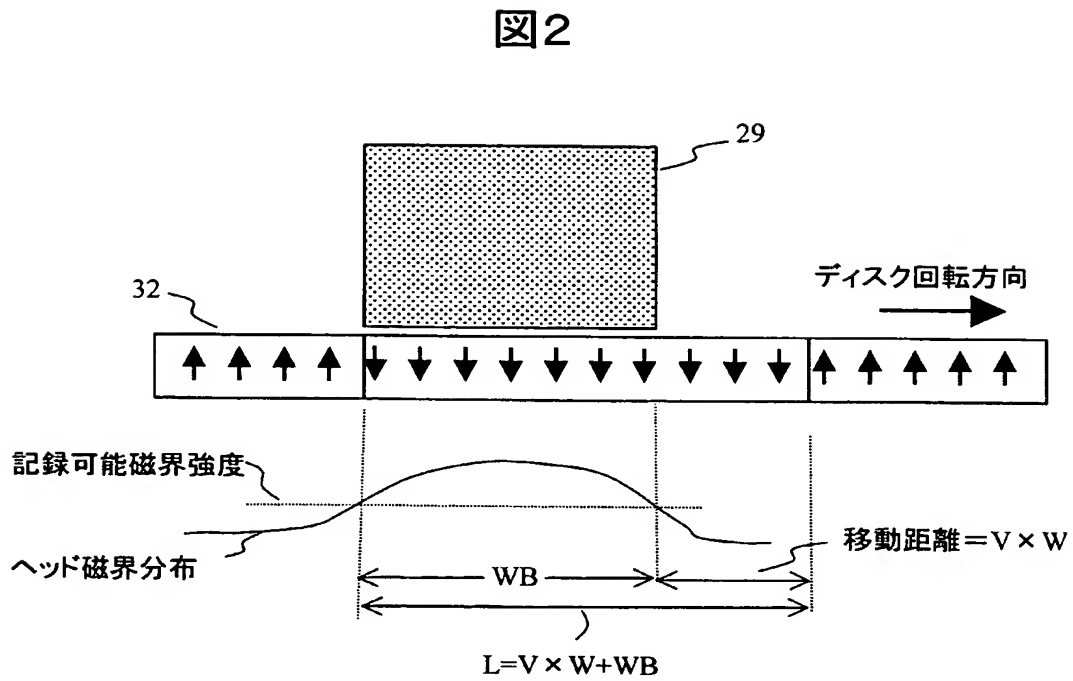
【書類名】 図面

【図 1】

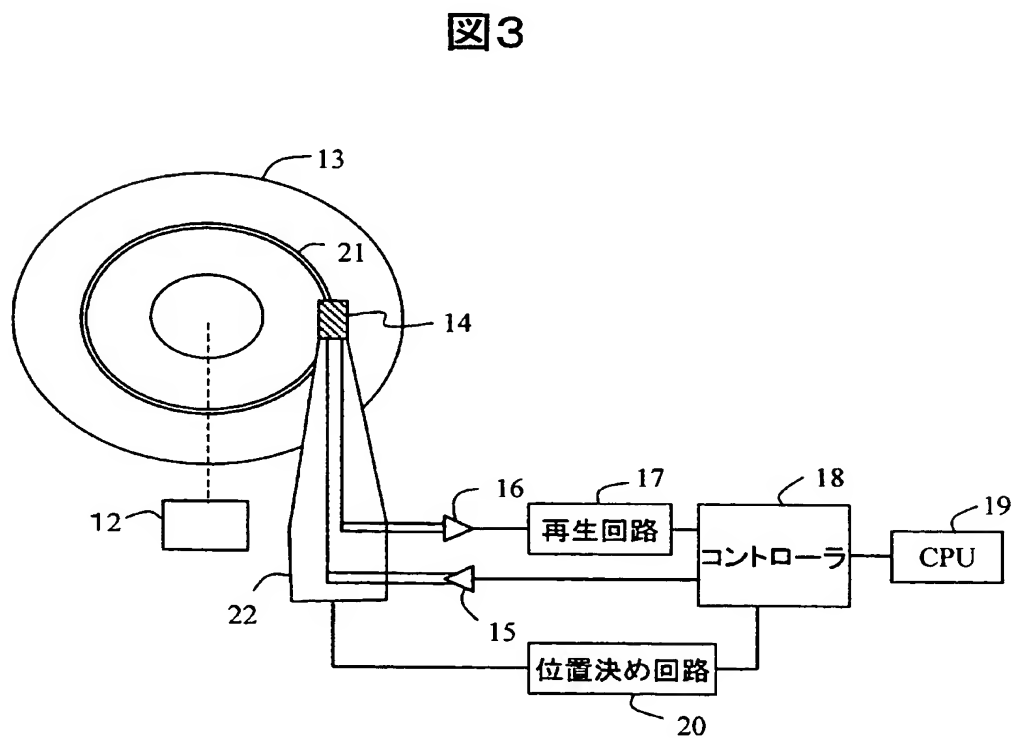
図 1



【図 2】

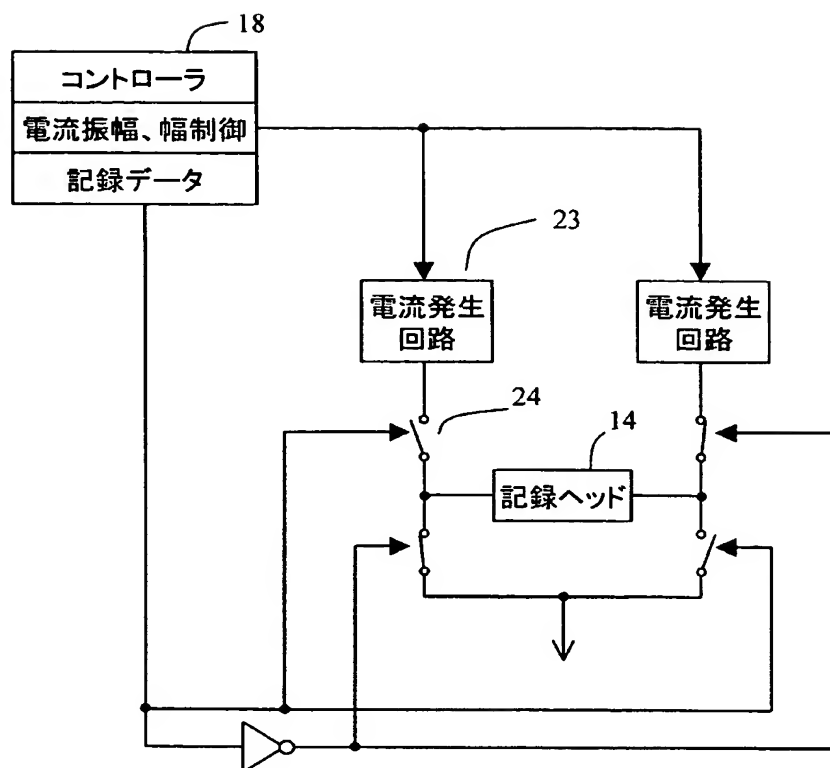


【図 3】



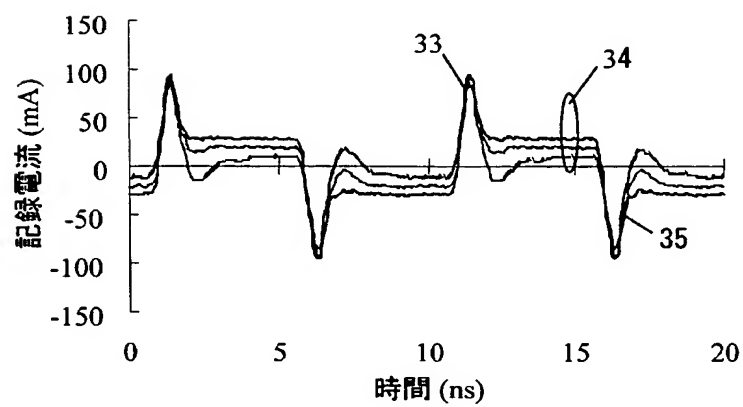
【図 4】

図 4



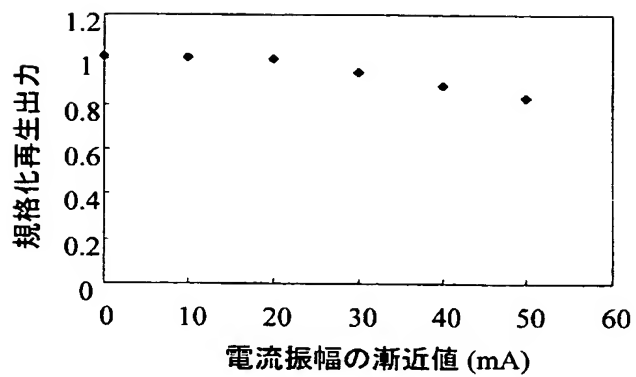
【図 5】

図 5



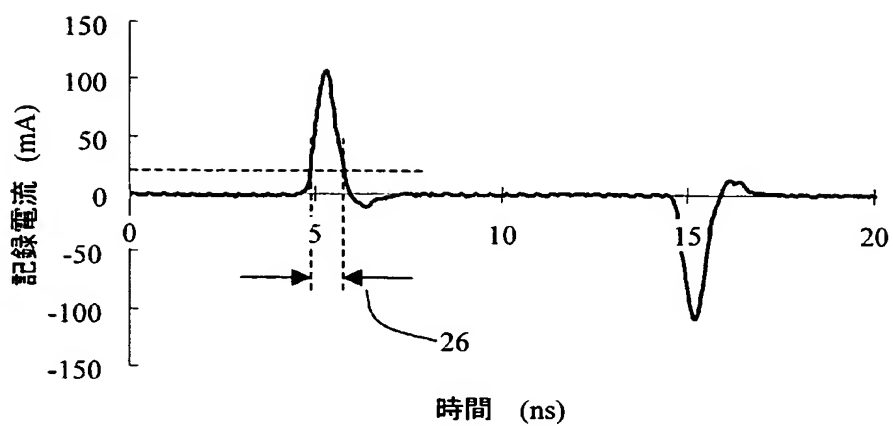
【図 6】

図6



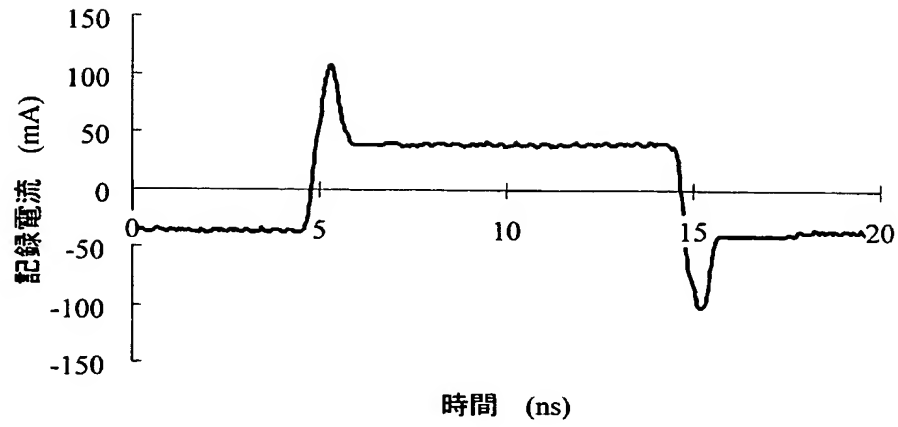
【図 7】

図7



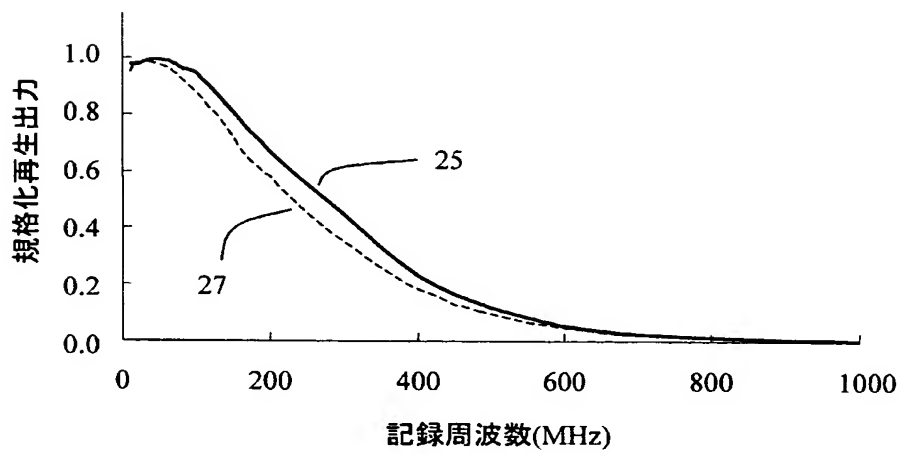
【図 8】

図8



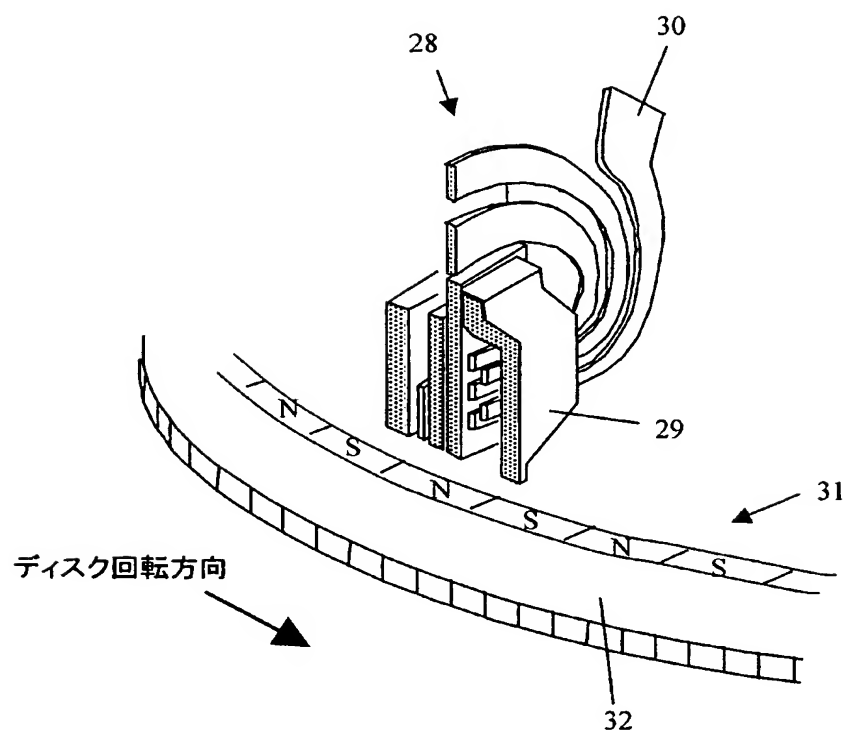
【図 9】

図9



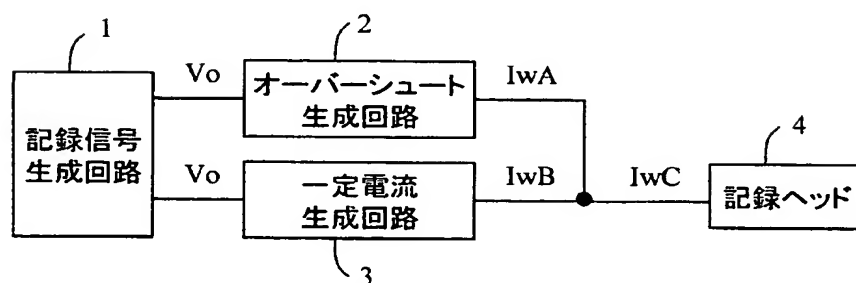
【図 10】

図10



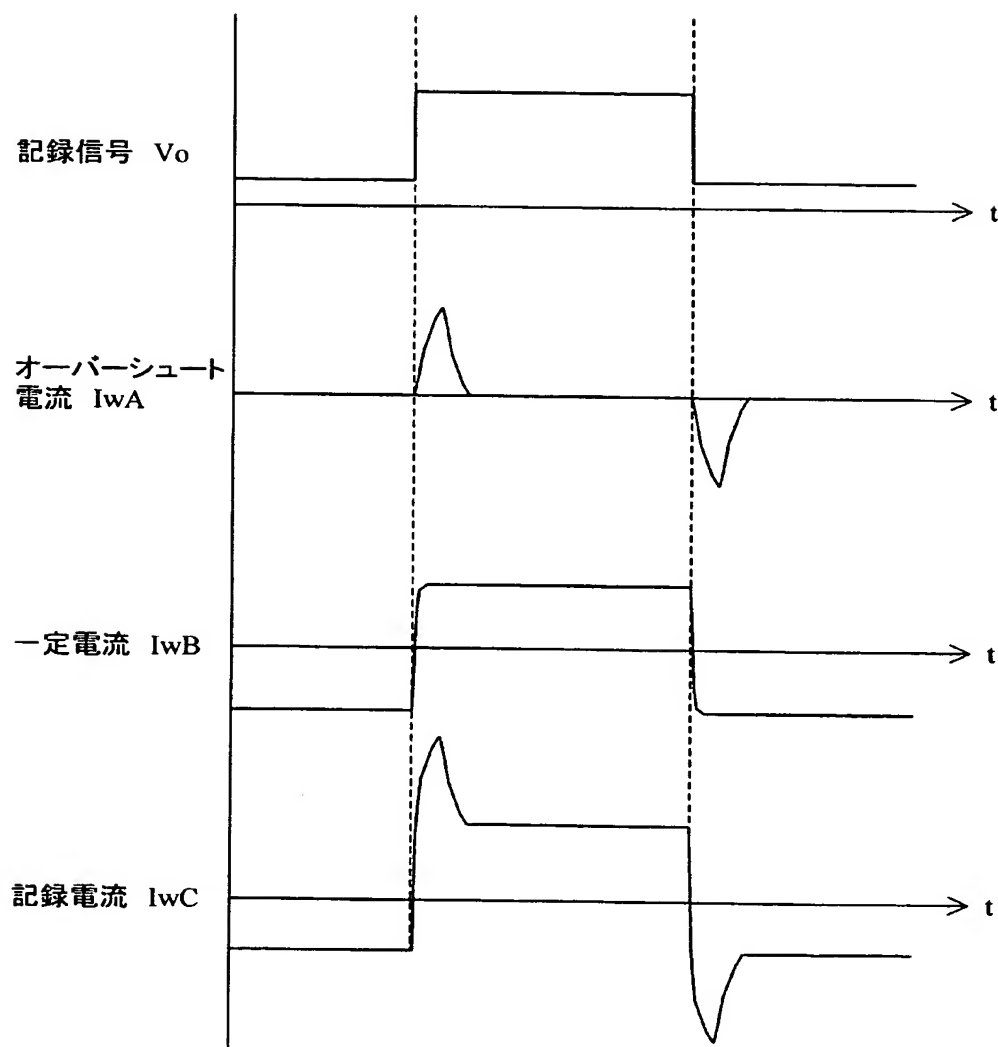
【図 11】

図11



【図 12】

図12





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高密度、高周波の磁気記録に適した磁気記録装置を実現する。

【解決手段】 記録ヘッドのコイルに流れる記録電流の波形を、記録パタンの時間長よりも短い通電時間長の波形とする。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 1 7 8 6 6 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所